

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-311900

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.CI.

G02B 26/10

B81B 3/00

G02B 26/08

(21)Application number : 2000-128393

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.2000

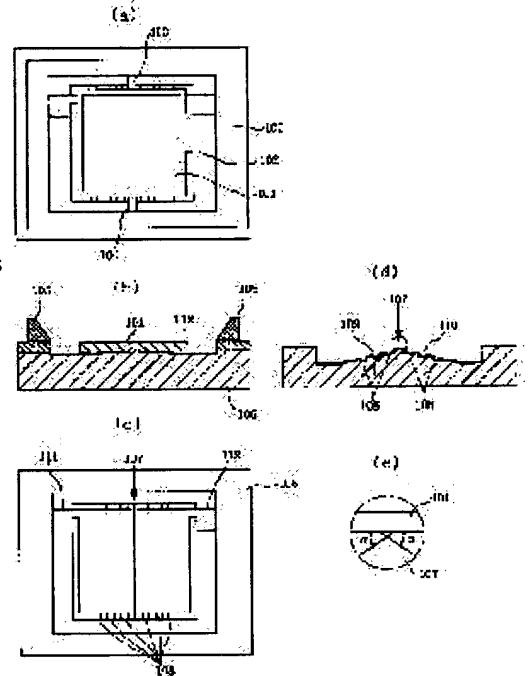
(72)Inventor : SATO YUKITO

## (54) OPTICAL SCANNER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a torsional vibration type optical scanner whose driving voltage is low wherein the deflection angle of a mirror is electrostatically driven even at the time of driving with high frequency, and to provide the manufacturing method of the optical scanner.

**SOLUTION:** In this scanner, a mirror supported by plural beams provided on the same line is reciprocated with the beam as a torsional rotation axis by electrostatic attractive force between the mirror and a counter electrode provided at a position opposed to the mirror. The counter electrode is provided with an inclined surface in non-parallel with the mirror and a groove is formed at least at one part on the inclined surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



\* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the light-scanning equipment which the aforementioned beam is twisted [ equipment ] and carries out both-way vibration of the aforementioned mirror substrate as the axis of rotation by the electrostatic attraction between the mirror substrate supported with two or more beams prepared on the same straight line, and the counterelectrode prepared in the position which counters this mirror substrate. The aforementioned counterelectrode is light-scanning equipment which prepares the inclined plane which is not parallel to the mirror side of the aforementioned mirror substrate, and is characterized by the thing of a field opposite to this inclined plane top and/or the mirror side of the aforementioned mirror substrate for which the slot was formed in part at least.

[Claim 2] It is light-scanning equipment characterized by forming the aforementioned slot along the inclination direction of the aforementioned counterelectrode in light-scanning equipment according to claim 1.

[Claim 3] The aforementioned slot is light-scanning equipment according to claim 1 or 2 characterized by being formed in a field opposite to the mirror side of a mirror substrate.

[Claim 4] Light-scanning equipment characterized by carrying out abbreviation parallel and forming the aforementioned slot in the inclination direction of the aforementioned counterelectrode in light-scanning equipment according to claim 3.

[Claim 5] the tilt angle of the aforementioned counterelectrode, and the deflection angle of the mirror section which carries out torsional oscillation -- abbreviation -- light-scanning equipment given in any 1 term of the claims 1-4 characterized by the same thing

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the light-scanning equipment which has a microoptics system adapting the micromachining technology.

[0002]

[Description of the Prior Art] IBM J.Res.Develop Vol.24 (1980) \*\*\*\* -- light-scanning equipment (torsional-oscillation type light-scanning equipment of an electrostatic drive) is carried. This light-scanning equipment twists two aforementioned beams, and they are made it to carry out both-way vibration as the axis of rotation by the electrostatic attraction between the electrodes which the mirror supported with two beams on the same straight line was prepared, and were prepared in the position which counters this mirror and this mirror. This light-scanning equipment is easy structure as compared with the light-scanning equipment by rotation of the polygon mirror using the conventional motor, and package formation is possible for this light-scanning equipment by the semiconductor process using a micromachining technology. For this reason, a miniaturization is easy, and since it is a both-way scan further, the effect of being able to respond also to improvement in the speed is expectable [ since a manufacturing cost also has a single reflector low moreover, there is no dispersion by profile irregularity, and ]. With such torsional-oscillation type light-scanning equipment of the aforementioned electrostatic drive, in order to lower driver voltage, when inter-electrode distance which drives a mirror and a mirror was made small, there was a fault that the deflection angle of the mirror by drive will become small. For this reason, in order to lower driver voltage, without changing the deflection angle of a mirror, it is The 13 th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 645-650. The method of making a counterelectrode which is indicated incline from the center position of the deflection of a mirror, and installing it is learned. Moreover, with such torsional-oscillation type light-scanning equipment of an electrostatic drive, when a mirror and an inter-electrode distance are set up small and the high-speed drive of the mirror is carried out, the viscosity of the air between a mirror and an electrode influences and there is a trouble that the deflection angle of the mirror in high frequency becomes small. How to form a slit-like slot in polar zone which is indicated by JP,11-14933,A in order to prevent this is also learned.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the torsional-oscillation type light-scanning equipment of such an electrostatic drive, if a counterelectrode is made to incline from the center position of the deflection of a mirror and is installed, the distance of a counterelectrode and a mirror will become small substantially. If the high-speed drive of the mirror is carried out by this, the deflection angle of the mirror in high frequency will become small under the influence of viscous of a mirror and inter-electrode air. In order to prevent it, when the slit-like slot was formed in the polar zone, the formation direction of a slot twisted, a beam, since it was parallel, when it was vibration, disorder occurred with the flow of air, and it was not able to prevent effectively that a deflection angle fell. this invention solves the trouble in such conventional technology, and driver voltage is low and it aims at the deflection angle of a mirror offering the torsional-oscillation type light-scanning equipment of an electrostatic drive also at the time of the drive by high frequency.

[0004]

[Means for Solving the Problem] The mirror substrate supported with two or more beams with which the light-scanning equipment of a claim 1 was formed on the same straight line, In the light-scanning equipment which the aforementioned beam is twisted [ equipment ] and carries out both-way vibration of the aforementioned mirror substrate as the axis of rotation by the electrostatic attraction between the counterelectrodes prepared in the position which counters this mirror substrate the aforementioned counterelectrode The inclined plane which is not parallel to the mirror side of the aforementioned mirror substrate is prepared, and it is characterized by the thing of a field



opposite to this inclined plane top and/or the mirror side of the aforementioned mirror substrate in which the slot was formed, in part at least. Light-scanning equipment according to claim 2 is characterized by forming the aforementioned slot along the inclination direction of the aforementioned counterelectrode in light-scanning equipment according to claim 1. Invention of light-scanning equipment according to claim 3 is characterized by forming the aforementioned slot in a field opposite to the mirror side of a mirror substrate in claims 1 or 2. Invention of light-scanning equipment according to claim 4 is characterized by carrying out abbreviation parallel and forming the aforementioned slot in the inclination direction of the aforementioned counterelectrode in light-scanning equipment according to claim 3. the deflection angle of the mirror section in which invention of light-scanning equipment according to claim 5 carries out torsional oscillation to the tilt angle of the aforementioned counterelectrode in light-scanning equipment given in any 1 term of claims 1-4 -- abbreviation -- it is characterized by the same thing

[0005]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, an operation gestalt explains this invention for the composition of this invention, operation, etc.

The light-scanning equipment in the 1st operation gestalt is shown in 1st operation gestalt drawing 1 . Drawing 1 (a) is the front view of the whole light-scanning equipment, drawing 1 (b) is a cross section containing the drive electrode, and drawing 1 (c) is the front view of an electrode substrate. Moreover, the configuration of the drive polar zone is expanded and shown in drawing 1 (d), and the enlarged view near the summit of a ridge is shown in drawing 1 (e). Mirror 101 Formed mirror substrate 102 2 The torsion beam 103 of a book, and 104 It is supported and is a frame 105. It is fixed. electrode substrate 106 the bottom of the center position of the deflection of a mirror -- summit 107 of a ridge \*\*\*\*\* -- the direction of a deflection of a mirror -- swaying -- an angle equal (abbreviation) to an angle -- inclining -- \*\*\* -- two or more slots [ inclined plane ] 108 It is formed in the inclination and the abbreviation rectangular cross direction. Moreover, in each inclined plane, it is the drive electrode 109 and 110. It is formed and is there to the electrode pad 111, and 112. It is pulled out. By impressing voltage to two electrodes which separated and prepared the gap in the position where a mirror substrate rear face counters considering the mirror substrate supported with two torsion beams as a common electrode by turns, the electrostatic attraction was able to occur in a mirror substrate and drive inter-electrode, and both-way vibration of the mirror was able to be carried out. At this time, the mirror was able to be driven on voltage smaller than the case where it is the parallel pole from which the whole separated 1.0 micrometers of distance on the rear face of a mirror substrate which is the inclined drive electrode and the inclined common electrode by being referred to as the minimum 0.1 micrometers in the place near the ridge position of an electrode substrate (micron meter), and the greatest 1.0 micrometers in the position most distant from there. Moreover, the fall of a variation rate was not seen to frequency higher than the case where the slot is not formed in the inclined plane. In addition, alpha shows a mirror deflection angle to drawing 1 (e).

[0006] The <manufacture method of the 1st operation gestalt>, next the manufacture method of the 1st operation gestalt of the light-scanning equipment of this invention are explained using drawing 2 . First, the manufacture method of a mirror substrate is explained. The silicon substrate 202 (200 micrometers in for example, thickness) by which SiO<sub>2</sub> film 201 (1.5 micrometers in for example, thickness) is formed in both sides and by which double-sided polish was carried out is directly joined to the silicon substrate 203 (200 micrometers in for example, thickness) by which double-sided polish was carried out (refer to drawing 2 (a)). this time -- silicon substrate 203 Silicon substrate 202 It set up so that fixed distance might be seen from a periphery and it might come out (for example, about 1mm grade). This flash section is for building an electrode probe behind in the case of the anode plate junction to a glass-electrode substrate. Next, it is CMP (Chemical Mechanical Polishing) to 80 micrometers in thickness about the silicon substrate 203 in which SiO<sub>2</sub> film is not formed. It ground with high precision (refer to drawing 2 (b)). The thickness at this time turns into thickness of a mirror substrate. Next, silicon substrate 202 SiO<sub>2</sub> upper film 201 By \*\*\*\*\*ing by fluoric acid with a resist mask, patterning was carried out to the frame configuration (refer to drawing 2 (c)). Next, silicon substrate 202 Anisotropic etching was carried out in KOH solution until SiO<sub>2</sub> of a junction interface appeared with SiO<sub>2</sub> mask (refer to drawing 2 (d)). At this time, the end face and rear face of a silicon substrate protected using the alkali-proof wax so that an etching reagent could not be touched. In addition, although the KOH solution was used as anisotropic etching liquid here, silicon and the etch selectivity of SiO<sub>2</sub> may use other sufficiently large anisotropic etching liquid (tetramethylammonium hydroxide), for example, TMAH, a hydrazine, etc. Moreover, although SiO<sub>2</sub> is used as a mask material at the time of anisotropic etching here, you may use other thin film materials to which it does not \*\*\*\*\* by this etching reagent using the etching reagent of silicon, for example, a SiN film, the bilayer film of SiN/SiO<sub>2</sub>, etc. as mask material of anisotropic etching. Next, etching removal of the SiO<sub>2</sub> film used as an etching mask was carried out by fluoric acid (refer to drawing 2 (e)). Thus, aluminum was formed in the formed silicon flat side by the mask spatter method as a charge of a reflector of laser (refer to drawing 2 (f)).. In addition, although membranes were formed by the spatter here, using aluminum as a metal thin film, if it is the metal thin film from which required



sufficient reflection factor is obtained to the laser beam to be used, other materials are also selectable (for example, Au, Cu, Pt, etc.), and the forming-membranes method can also use not only a sputter but a vacuum deposition method etc. [0007] Next, the beam and the mirror substrate were formed by penetrating a silicon flat side by dry etching by using a resist as a mask (refer to drawing 2 (g)). Next, the manufacture method of an electrode substrate is explained. 1mm in first, thickness Way silica-glass substrate 205 It is the resist 206 with a thickness of 1.5 micrometers upwards. It applied (refer to drawing 2 (h)). Next, the distribution was given to the exposure depth of a resist by using the photo mask which gave the distribution for a numerical aperture. The distribution configuration was designed so that an electrode configuration might incline at this time. The resist configuration reflecting the electrode configuration was formed in developing this resist (refer to drawing 2 (i)). It is a glass substrate 204, using this resist as a mask. By carrying out dry etching, the resist configuration was imprinted by the glass substrate according to the etch selectivity of a resist and a glass substrate (refer to drawing 2 (j)). Subsequently, the slot was formed by carrying out patterning of the resist formed in the glass-substrate front face, and carrying out depth dry etching of 0.5 micrometers of the glass of a ramp by making it into a mask (refer to drawing 2 (k)). It is the two-layer film 207 of Au/Ti as an electrode after removing a resist. It formed by the mask sputter method (refer to drawing 2 (l)). Thus, the mirror substrate and electrode substrate which were produced were joined by anode plate junction (refer to drawing 2 (m)). Anode plate junction is several 100V, heating a glass substrate and a silicon substrate to 400 - 500 \*\*. It is the method of joining directly by impressing voltage among both substrates. Since this method can join both substrates without mediation of adhesives etc., it can specify correctly a minute inter-electrode distance after a light-scanning equipment assembly.

[0008] The front view of the electrode substrate of the light-scanning equipment in the 2nd operation form was shown in <2nd operation form> drawing 3. electrode substrate 301 the bottom of the center position of the deflection of a mirror -- summit 302 of a ridge \*\*\*\*\* -- the direction of a deflection of a mirror -- swaying -- an angle equal to an angle -- inclining -- \*\*\* -- two or more slots [ inclined plane ] 303 It is formed along the inclination direction. Moreover, in each inclined plane, it is the drive electrode 304 and 305. It is formed and is the electrode pad 306 and 307 from there. It is pulled out. the light-scanning equipment in the 1st operation form which showed the composition of a mirror substrate to drawing 1 (a) and (b), and abbreviation -- it is the same, and the mirror substrate in which the mirror was formed is supported with two torsion beams, and is being fixed to the frame By impressing voltage to two electrodes which separated and prepared the gap in the position where a mirror substrate rear face counters considering the mirror substrate supported with two torsion beams as a common electrode by turns, the electrostatic attraction was able to occur in a mirror substrate and drive inter-electrode, and both-way vibration of the mirror was able to be carried out. At this time, distance on the rear face of a mirror substrate which is the inclined drive electrode and the inclined common electrode was set to the greatest 1.0 micrometers in the minimum position left most 0.1 micrometers in the nearest place (ridge position of an electrode substrate). By this, the mirror was able to be driven on voltage smaller than the case where it is the parallel pole which 1.0 micrometers of whole left. Moreover, as compared with the case where the slot is not formed in the inclined plane, the fall of a variation rate was not seen to high frequency by this invention. Furthermore, operation of a mirror was stable and blurring of an optical axis was smaller than the case where the slot is formed in the rectangular direction to the inclined plane.

The cross section which contained the drive electrode of the light-scanning equipment in the 3rd operation form in <3rd operation form> drawing 4 is shown. Mirror 401 Formed mirror substrate 402 It is supported by two torsion beams (not shown) and is a frame 403. It is fixed. Two or more slots 404 are formed in the mirror substrate rear face at the torsion beam and the parallel direction. electrode substrate 405 the bottom of the center position of the deflection of a mirror -- summit 406 of a ridge \*\*\*\*\* -- it sways in the direction of a deflection of a mirror, and inclines at the angle equal to an angle Moreover, in each inclined plane, it is the drive electrode 407 and 408. It is formed and is the electrode pad 409 and 410 from there. It is pulled out. When voltage was impressed to two electrodes which separated and prepared the gap in the position where a mirror substrate rear face counters considering the mirror substrate supported with two torsion beams as a common electrode by turns, the electrostatic attraction was able to occur in a mirror substrate and drive inter-electrode, and both-way vibration of the mirror was able to be carried out. At this time, the mirror was able to be driven on voltage smaller than the case where it is the parallel pole from which the whole separated 1.0 micrometers of distance on the rear face of a mirror substrate which is the inclined drive electrode and the inclined common electrode by being referred to as the minimum 0.1 micrometers in the place near the ridge position of an electrode substrate, and the greatest 1.0 micrometers in the position most distant from there. Moreover, the fall of a variation rate was not seen to several kHz high frequency rather than the case where the slot is not formed in the mirror substrate rear face.

[0009] The cross section which contained the drive electrode of the light-scanning equipment in the 4th operation form in <4th operation form> drawing 6 is shown. Mirror 601 Formed mirror substrate 602 It is supported with two torsion beams (not shown), and is a frame 603. It is fixed. Two or more slots [ rear face / mirror substrate ] 604 It twists and is



formed in the beam and the rectangular direction. electrode substrate 605 the bottom of the center position of the deflection of a mirror -- summit 606 of a ridge \*\*\*\*\* -- it sways in the direction of a deflection of a mirror, and inclines at the angle equal to an angle Moreover, in each inclined plane, it is the drive electrode 607 and 608. It is formed and is the electrode pad 609 and 610 from there. It is pulled out. By impressing voltage to two electrodes which separated and prepared the gap in the position where a mirror substrate rear face counters considering the mirror substrate supported with two torsion beams as a common electrode by turns, the electrostatic attraction was able to occur in a mirror substrate and drive inter-electrode, and both-way vibration of the mirror was able to be carried out. At this time, the mirror was able to be driven on voltage smaller than the case where it is the parallel pole from which the whole separated 1.0 micrometers of distance on the rear face of a mirror substrate which is the inclined drive electrode and the inclined common electrode by being referred to as the minimum 0.1 micrometers in the place near the ridge position of an electrode substrate, and the greatest 1.0 micrometers in the position most distant from there. Moreover, the fall of a variation rate was not seen to frequency higher than the case where the slot is not formed in the mirror substrate rear face. Furthermore, operation of a mirror was stable and blurring of an optical axis was smaller than the case where the slot is formed on a torsion beam in parallel.

[0010] Other manufacture methods of the light-scanning equipment of the <manufacture method of 4th operation form> this invention are explained using drawing 5. This manufacture method forms light-scanning equipment like the above except forming a slot in the manufacture method of said 1st operation form, and the rear face of the mirror substrate which forms a mirror side. That is, it is SiO<sub>2</sub> film 501 with a thickness of 1.5 micrometers to both sides. Silicon substrate 502 with a thickness of 200 micrometers currently formed by which double-sided polish was carried out Silicon substrate 503 with a thickness of 200 micrometers by which double-sided polish was carried out It joins directly (refer to drawing 5 (a)). . . this time -- silicon substrate 503 Silicon substrate 502 A periphery to about 1mm It was made to see and come out. This flash section is for building an electrode probe in the case of the anode plate junction to a next glass-electrode substrate. Next, silicon substrate 503 in which SiO<sub>2</sub> film is not formed It ground with high precision by CMP (Chemical Mechanical Polishing) to 80 micrometers in thickness, and the slot with a depth of 0.5 micrometers was formed in the polished surface by dry etching by using a resist as a mask (refer to drawing 5 (b)). The thickness at this time turns into thickness of a mirror substrate. Next, silicon substrate 502 By \*\*\*\*\*ing by fluoric acid with a resist mask, patterning of the SiO<sub>2</sub> upper film 501 was carried out to the frame configuration (refer to drawing 5 (c)). Next, silicon substrate 502 Anisotropic etching was carried out in KOH solution until SiO<sub>2</sub> of a junction interface appeared with SiO<sub>2</sub> mask (refer to drawing 5 (d)). At this time, the end face and rear face of a silicon substrate protected with the alkali-proof wax so that an etching reagent could not be touched. In addition, although the KOH solution was used as anisotropic etching liquid here, silicon and the etch selectivity of SiO<sub>2</sub> may use other sufficiently large anisotropic etching liquid, for example, TMAH, a hydrazine, etc. Moreover, although SiO<sub>2</sub> is used as a mask material at the time of anisotropic etching here, you may use other thin film materials which do not \*\*\*\*\* to the etching reagent of silicon, for example, a SiN film, a SiN/SiO<sub>2</sub> bilayer film, etc. Next, etching removal of the SiO<sub>2</sub> film used as an etching mask was carried out by fluoric acid (refer to drawing 5 (e)). Thus, aluminum was formed in the formed silicon flat side by the mask spatter method as a charge of a reflector of laser (refer to drawing 5 (f)). In addition, although aluminum was formed by the spatter as a metal thin film here, if it is the metal thin film from which required sufficient reflection factor is obtained to the laser beam to be used, other materials, such as Au, are also selectable and not only a spatter but a vacuum deposition method etc. can also use the forming-membranes method. Next, the beam and the mirror substrate were formed by penetrating a silicon flat side by dry etching by using a resist as a mask (refer to drawing 5 (g)).

[0011] Next, the manufacture method of an electrode substrate is explained. 1mm in first, thickness Way silica-glass substrate 505 It is the resist 506 with a thickness of 1.5 micrometers upwards. It applied (refer to drawing 5 (h)). Next, the distribution was given to the exposure depth of a resist by using the photo mask which gave the distribution for a numerical aperture. The distribution configuration was designed so that an electrode configuration might incline at this time. The resist configuration reflecting the electrode configuration was formed in developing this resist (refer to drawing 5 (i)). It is a glass substrate 504, using this resist as a mask. By carrying out dry etching, the resist configuration was imprinted by the glass substrate according to the etch selectivity of a resist and glass (refer to drawing 5 (j)). It is the two-layer film 507 of Au/Ti as an electrode after removing a resist. It formed by the mask spatter method (refer to drawing 5 (k)). Thus, the mirror substrate and electrode substrate which were produced were joined by anode plate junction (refer to drawing 5 (l)). Anode plate junction is several 100V, heating a glass substrate and a silicon substrate to 400 - 500 \*\*. It is the method of joining voltage directly by impressing among both substrates. Since this method can join both substrates without inclusion, such as adhesives, it can specify correctly a minute inter-electrode distance after a light-scanning equipment assembly. In addition, the chemical for anisotropy polishes, such as TMAH used for the numeric value and CMP in the operation form of said this invention, etc. is mere



instantiation, and it is used in the range which does not change the meaning of this invention, changing it suitably.

[0012]

[Effect of the Invention] By the electrostatic attraction between the electrodes which prepared the mirror supported with two beams prepared on the same straight line of the claim 1 of this invention in the position which counters a mirror In the light-scanning equipment which twists two beams and carries out both-way vibration as the axis of rotation the aforementioned counterelectrode The inclined plane which is not parallel to the mirror side of the aforementioned mirror substrate is prepared, with the light-scanning equipment of a field opposite to this inclined plane top and/or the mirror side of the aforementioned mirror substrate in which the concave configuration (slot) is formed in part at least Since the distance of a counterelectrode and a mirror is small so that the deflection angle of a mirror may not change Since it not only can lower driver voltage, with a light-scanning angle maintained, but the slot formed in the electrode eases the influence of viscous of air even if the distance of a counterelectrode and a mirror becomes small, the deflection angle of a mirror is maintainable to high frequency. In the light-scanning equipment of the claim 2 of this invention according to claim 1, with the light-scanning equipment in which the concave configuration is formed along the inclination direction of a counterelectrode Since the distance of a counterelectrode and a mirror is small so that the deflection angle of a mirror may not change Even if the distance of a counterelectrode and a mirror becomes small, in order that it not only can lower driver voltage, with a light-scanning angle maintained, but the slot formed in the electrode may ease the influence of viscous of air, The deflection angle of a mirror is maintainable to high frequency, further, with the flow of the air in the gap at the time of vibration, since there is little disorder, the fall of a variation rate can be prevented more effectively, operation of a mirror is stabilized, and blurring of an optical axis can be made small. By the electrostatic attraction between the electrodes which prepared the mirror supported with two beams prepared on the same straight line of the claim 3 of this invention in the position which counters a mirror In the light-scanning equipment which twists two beams and carries out both-way vibration as the axis of rotation With the light-scanning equipment with which a counterelectrode is the inclined plane which is not parallel to a mirror, and the concave configuration (slot) is formed in the mirror rear face Since the distance of a counterelectrode and a mirror is small so that the deflection angle of a mirror may not change Since it not only can lower driver voltage, with a light-scanning angle maintained, but the slot formed in the mirror rear face eases the influence of viscous of air even if the distance of a counterelectrode and a mirror becomes small, the deflection angle of a mirror is maintainable to high frequency. Since the mass can be made small, maintaining the rigidity of a mirror furthermore, it comes to be able to carry out the high-speed operation of the mirror.

[0013] In the light-scanning equipment of the claim 4 of this invention according to claim 3, with the light-scanning equipment in which the concave configuration is formed along the inclination direction of a counterelectrode Since the distance of a counterelectrode and a mirror is small with light-scanning equipment so that the deflection angle of a mirror may not change Even if the distance of a counterelectrode and a mirror becomes small, in order that it not only can lower driver voltage, with a light-scanning angle maintained, but the slot formed in the electrode may ease the influence of viscous of air, The deflection angle of a mirror is maintainable to high frequency, further, with the flow of the air in the gap at the time of vibration, since there is little disorder, the fall of a variation rate can be prevented more effectively, operation of a mirror is stabilized, and blurring of an optical axis can be made small. Since the mass can be made small, maintaining the rigidity of a mirror furthermore, it comes to be able to carry out the high-speed operation of the mirror. With the light-scanning equipment with which the deflection angle of the mirror section which carries out torsional oscillation to the tilt angle of a counterelectrode in light-scanning equipment given in the claims 1, 2, 3, and 4 of the claim 5 of this invention is equal, driver voltage can be lowered to the smallest voltage, maintaining a light-scanning angle in the range which does not change the deflection angle of a mirror, since the distance of a counterelectrode and a mirror was the smallest. Since the light-scanning equipment concerning this invention is formed along an inclined plane in parallel with an inclined plane on the inclined plane of the mirror side of a mirror substrate, an opposite side and/or a mirror substrate, and the counterelectrode that counters as the slot was described above, an effect which was described above can be acquired. In addition, when forming a slot in the mirror side and opposite side of a mirror substrate, it can form along the inclined plane of a counterelectrode, a slot can be established in abbreviation parallel in the inclined plane of a counterelectrode, and it can also prepare in the other direction. The light-scanning equipment concerning such this invention can be used for readers, such as light-scanning equipment used for write-in systems, such as a digital copier and a LASER beam printer, or a bar code reader.

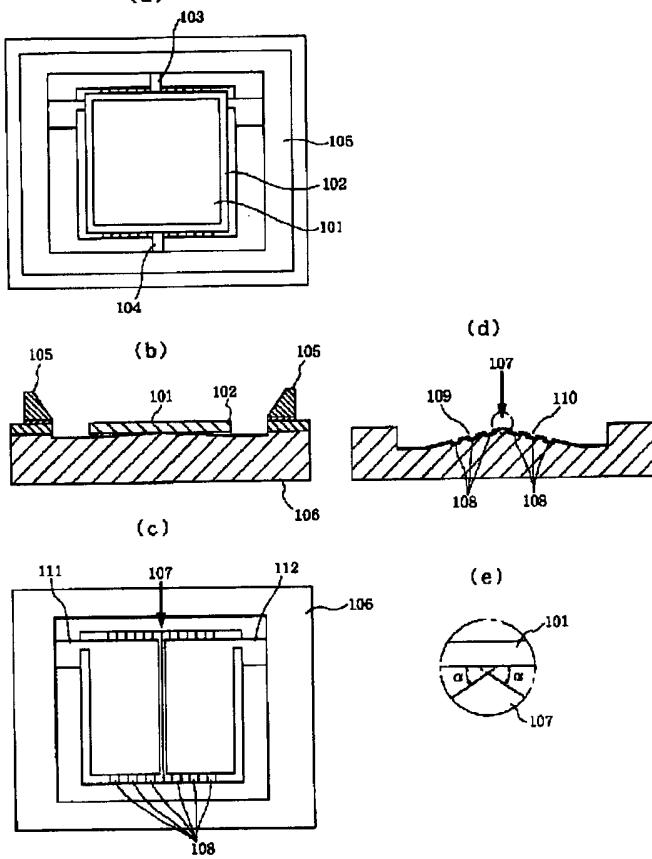
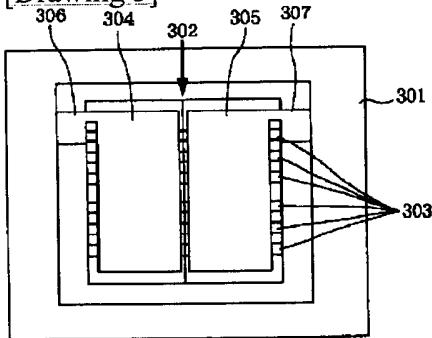
[Translation done.]



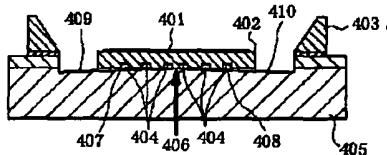
**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

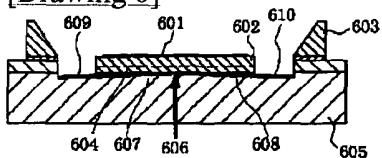
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DRAWINGS****[Drawing 1]****[Drawing 3]****[Drawing 4]**

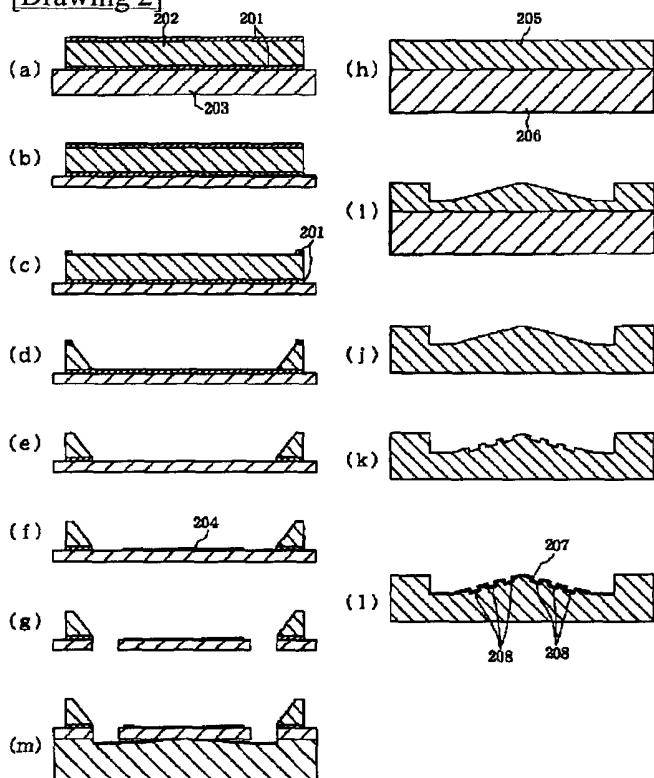




[Drawing 6]

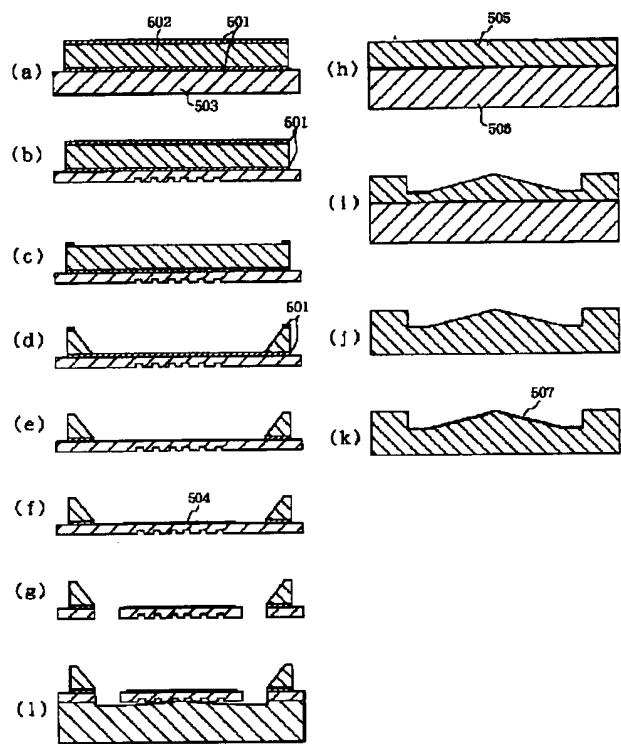


[Drawing 2]



[Drawing 5]





---

[Translation done.]



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-311900

(P2001-311900A)

(43)公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51)Int.Cl.

G 0 2 B 26/10  
B 8 1 B 3/00  
G 0 2 B 26/08

識別記号

1 0 4

F I

テマコード(参考)

G 0 2 B 26/10  
B 8 1 B 3/00  
G 0 2 B 26/08

1 0 4 2 H 0 4 1  
2 H 0 4 5  
E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願2000-128393(P2000-128393)

(22)出願日

平成12年4月27日 (2000.4.27)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 佐藤 幸人

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

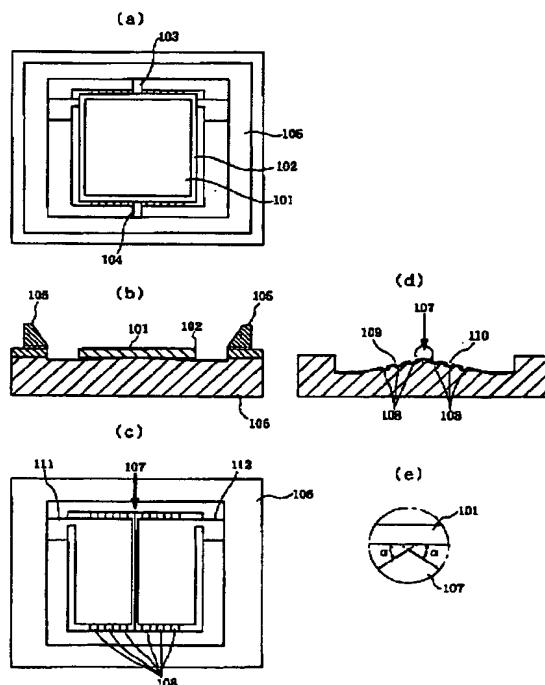
Fターム(参考) 2H041 AA12 AB14 AC06 AZ02 AZ03  
AZ05 AZ08  
2H045 AB10 AB16 AB73

(54)【発明の名称】 光走査装置

(57)【要約】

【課題】 駆動電圧が低く、かつ高周波数での駆動時にもミラーの振れ角が静電駆動のねじり振動型光走査装置およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 本発明に係る光走査装置は、同一直線上に設けられた複数の梁で支持されたミラーと、該ミラーに対向する位置に設けた対向電極との間に静電引力によって前記梁をねじり回転軸として前記ミラーを往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラーと平行でない傾斜面を設け該傾斜面上の少なくとも一部に、溝を形成したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一直線上に設けられた複数の梁で支持されたミラー基板と、該ミラー基板に対向する位置に設けた対向電極との間に静電引力によって前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラー基板のミラー面と平行でない傾斜面を設け、該傾斜面上および／または前記ミラー基板のミラー面と反対の面の少なくとも一部に、溝を形成したことを特徴とする光走査装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光走査装置において、前記溝は、前記対向電極の傾斜方向に沿って形成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項3】 前記溝は、ミラー基板のミラー面と反対の面に形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の光走査装置。

【請求項4】 請求項3に記載の光走査装置において、前記対向電極の傾斜方向に略平行して前記溝が形成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項5】 前記対向電極の傾斜角と、ねじり振動するミラー部の振れ角とが略同一であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロマシニング技術を応用した微小光学系を有する光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】IBM J. Res. Develop Vol. 24 (1980)には、光走査装置（静電駆動のねじり振動型光走査装置）が掲載されている。この光走査装置は、同一直線上の2本の梁で支持されたミラーが設けられ、このミラーと該ミラーに対向する位置に設けた電極との間で、静電引力により、前記2本の梁をねじり回転軸として往復振動させている。この光走査装置は、従来のモーターを使ったボリゴンミラーの回転による光走査装置と比較して構造が簡単であり、また、この光走査装置はマイクロマシニング技術を用いて半導体プロセスにより一括形成が可能である。このため、小型化が容易であり、製造コストも低く、しかも単一の反射面を有するため面精度によるばらつきがなく、さらに往復走査であるため、高速化にも対応できる等の効果が期待できる。このような前記静電駆動のねじり振動型光走査装置では、駆動電圧を下げるために、ミラーとミラーを駆動する電極間の距離を小さくすると、駆動によるミラーの振れ角が小さくなってしまうといった欠点があった。このため、ミラーの振れ角を変えずに駆動電圧を下げるために、たとえばThe 13th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 645-650に記載されているような、対向電極をミラーの振れの中心位置から傾斜させて設置する方法が知られて

いる。また、このような静電駆動のねじり振動型光走査装置では、ミラーと電極間の距離を小さく設定した場合、ミラーを高速駆動すると、ミラーと電極との間の空気の粘性が影響して、高周波数でのミラーの振れ角が小さくなってくるといった問題点がある。これを防止するために、たとえば特開平11-14933号公報に開示されるような電極部にスリット状の溝を形成する方法も知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような静電駆動のねじり振動型光走査装置において、対向電極をミラーの振れの中心位置から傾斜させて設置すると、実質的に対向電極とミラーの距離は小さくなる。これによってミラーを高速駆動すると、ミラーと電極間の空気の粘性の影響により高周波数でのミラーの振れ角が小さくなる。それを防止するために、電極部にスリット状の溝を形成すると、溝の形成方向がねじり梁と平行方向であるため、振動の際に空気の流れに乱れが発生し、振れ角が低下するのを効果的に防止することができなかった。本発明は、このような従来技術における問題点を解決し、駆動電圧が低く、かつ高周波数での駆動時にもミラーの振れ角が静電駆動のねじり振動型光走査装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1の光走査装置は同一直線上に設けられた複数の梁で支持されたミラー基板と、該ミラー基板に対向する位置に設けた対向電極との間に静電引力によって前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラー基板のミラー面と平行でない傾斜面を設け、該傾斜面上および／または前記ミラー基板のミラー面と反対の面の少なくとも一部に、溝を形成したことを特徴とする。請求項2に記載の光走査装置は、請求項1に記載の光走査装置において、前記溝は、前記対向電極の傾斜方向に沿って形成されていることを特徴とする。請求項3に記載の光走査装置の発明は、請求項1または2において、前記溝が、ミラー基板のミラー面と反対の面に形成されていることを特徴とする。請求項4に記載の光走査装置の発明は、請求項3に記載の光走査装置において、前記対向電極の傾斜方向に略平行して前記溝が形成されていることを特徴とする。請求項5に記載の光走査装置の発明は、請求項1～4のいずれか1項に記載の光走査装置において、前記対向電極の傾斜角と、ねじり振動するミラー部の振れ角とが略同一であることを特徴とする。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、実施形態により本発明の構成、動作等を説明する。

第1実施形態

図1に第1の実施形態における光走査装置を示す。図1

(a)は、光走査装置全体の正面図であり、図1(b)は、駆動電極を含んだ断面図であり、図1(c)は、電極基板の正面図である。また、図1(d)に、駆動電極部の形状を拡大して示し、図1(e)に、尾根の頂上付近の拡大図を示す。ミラー101が形成されたミラー基板102は2本のねじり梁103、104で支持され、フレーム105に固定されている。電極基板106はミラーの振れの中心位置の下を尾根107として、ミラーの振れ方向に振れ角と(略)等しい角度で傾斜しており、傾斜面には複数の溝108が傾斜と略直交方向に形成されている。また、それぞれの傾斜面には駆動電極109、110が形成されており、そこから、電極パッド111、112が引き出されている。2本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加することで、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、電極基板の尾根位置に最も近いところで最小の $0.1\mu m$ (ミクロンメートル)、そこから最も離れた位置で最大の $1.0\mu m$ とすることで、全体が $1.0\mu m$ 離れた平行電極の場合よりも小さな電圧でミラーを駆動することができた。また、傾斜面に溝が形成されていない場合よりも高い周波数まで変位の低下が見られなかった。なお図1(e)に、ミラー振れ角を $\alpha$ で示す。

【0006】<第1実施形態の製造方法>次に、本発明の光走査装置の第1実施形態の製造方法を図2を用いて説明する。まず、ミラー基板の製造方法を説明する。両面に $SiO_2$ 膜201(たとえば厚さ $1.5\mu m$ )が形成されている両面研磨されたシリコン基板202(たとえば厚さ $200\mu m$ )を、両面研磨されたシリコン基板203(たとえば厚さ $200\mu m$ )に、直接接合する(図2(a)参照)。このときシリコン基板203はシリコン基板202の外周から一定距離はみ出るように設定した(たとえば約 $1mm$ 程度)。これはみ出し部は、後にガラス電極基板との陽極接合の際に、電極プローブをたてるためのものである。次に、 $SiO_2$ 膜の形成されていないシリコン基板203を厚さ $80\mu m$ までCMP(Chemical Mechanical Polishing)で高精度に研磨した(図2(b)参照)。このときの厚さがミラー基板の厚さとなる。次に、シリコン基板202上の $SiO_2$ 膜201をレジストマスクでフッ酸でエッチングすることにより、フレーム形状にバーニングした(図2(c)参照)。次に、シリコン基板202を $SiO_2$ マスクで接合界面の $SiO_2$ が現れるまでKOH水溶液で異方性エッチングした(図2(d)参照)。このとき、シリコン基板の端面と裏面はエッチング液に触れないように耐アルカリ性のワックスを用いて保護しておいた。なお、ここでは異方性エッチング液としてKOH溶液を用いたが、シリコンと $SiO_2$ のエッチング選択比が十分大きい他の異方性エッチング液、たとえばTMAH(テ

トラメチルアンモニウムヒドロキシド)、ヒドラジン等を使用してもよい。また、ここでは $SiO_2$ を異方性エッチング時のマスク材料として使用しているが、シリコンのエッチング液を用いてこのエッチング液でエッチングされない他の薄膜材料、たとえば $SiN$ 膜、 $SiN/SiO_2$ の二層膜等を異方性エッチングのマスク材として、使用してもよい。次に、エッチングマスクとして使用した $SiO_2$ 膜をフッ酸でエッチング除去した(図2(e)参照)。このようにして形成されたシリコン平坦面にレーザーの反射材料としてA1をマスクスピッタ法で形成した(図2(f)参照)。なお、ここでは金属薄膜としてA1を用いスピッタ法により成膜したが、使用するレーザー光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならば他の材料も選択可能であり(たとえばAu、Cu、Pt等)、成膜法もスピッタ法に限らず真空蒸着法等も利用できる。

【0007】次に、レジストをマスクとしてドライエッチングでシリコン平坦面を貫通することにより、梁とミラー基板を形成した(図2(g)参照)。次に電極基板の製造方法を説明する。まず、厚さ $1mm$ のほう珪酸ガラス基板205上に厚さ $1.5\mu m$ のレジスト206を塗布した(図2(h)参照)。次に、開口率に分布をもたせたフォトマスクを使用することにより、レジストの露光深さに分布をもたせた。このとき電極形状が傾斜するように分布形状を設計した。このレジストを現像することで、電極形状を反映したレジスト形状を形成した(図2(i)参照)。このレジストをマスクとしてガラス基板204をドライエッチングすることで、レジストとガラス基板のエッチング選択比に応じて、レジスト形状がガラス基板に転写された(図2(j)参照)。次いで、ガラス基板表面に形成したレジストをバーニングし、それをマスクとして傾斜部のガラスを深さ $0.5\mu m$ ドライエッチングすることにより溝を形成した(図2(k)参照)。レジストを除去したあと、電極としてAu/Tiの2層膜207をマスクスピッタ法で形成した(図2(l)参照)。このようにして作製したミラー基板と電極基板を、陽極接合により接合した(図2(m)参照)。陽極接合はガラス基板とシリコン基板を $400 \sim 500^{\circ}C$ に加熱しながら数百Vの電圧を両基板間に印加することによって直接接合する方法である。本方法は接着剤等の介在なしに両基板を接合できるため、光走査装置組み立て後の微小な電極間距離を正確に規定することができる。

【0008】<第2実施形態>図3に第2の実施形態における光走査装置の電極基板の正面図を示した。電極基板301はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上302として、ミラーの振れ方向に振れ角と等しい角度で傾斜しており、傾斜面には複数の溝303が傾斜方向に沿って形成されている。また、それぞれの傾斜面には駆動電極304、305が形成されており、そこから電極パッド306、307が引き出されている。ミラー基板の構成は図1

(a)、(b)に示した第1の実施形態における光走査装置と略同一であり、ミラーが形成されたミラー基板が2本のねじり梁で支持され、フレームに固定されている。2本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加することによって、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、最も近いところ（電極基板の尾根位置）で最小の $0.1\mu m$ 、最も離れた位置で最大の $1.0\mu m$ とした。これによって、全体が $1.0\mu m$ 離れた平行電極の場合よりも小さな電圧で、ミラーを駆動することができた。また、本発明によって、傾斜面に溝が形成されていない場合に比較して高い周波数まで、変位の低下が見られなかった。さらに、傾斜面に対して直交方向に溝が形成されている場合よりもミラーの動作が安定しており、光軸のぶれが小さかった。

<第3実施形態>図4に、第3の実施形態における光走査装置の駆動電極を含んだ断面図を示す。ミラー401が形成されたミラー基板402は2本のねじり梁（図示せず）によって支持され、フレーム403に固定されている。ミラー基板裏面には複数の溝404が、ねじり梁と平行方向に形成されている。電極基板405はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上406として、ミラーの振れ方向に振れ角と等しい角度で傾斜している。また、それぞれの傾斜面には駆動電極407、408が形成されており、そこから電極パッド409、410が引き出されている。2本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加すると、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、電極基板の尾根位置に最も近いところで最小の $0.1\mu m$ 、そこから最も離れた位置で最大の $1.0\mu m$ とすることで、全体が $1.0\mu m$ 離れた平行電極の場合よりも小さな電圧でミラーを駆動することができた。また、ミラー基板裏面に溝が形成されていない場合よりもミラーの動作が安定しており、光軸のぶれが小さかった。

<0009><第4実施形態>図6に第4の実施形態における光走査装置の駆動電極を含んだ断面図を示す。ミラー601が形成されたミラー基板602は2本のねじり梁（図示せず）で支持され、フレーム603に固定されている。ミラー基板裏面には複数の溝604がねじり梁と直交方向に形成されている。電極基板605はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上606としてミラーの振れ方向に振れ角と等しい角度で傾斜している。また、それぞれの傾斜面には駆動電極607、608が形成されており、そこからは電極パッド609、610が引き出されている。2

本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加することで、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、電極基板の尾根位置に最も近いところで最小の $0.1\mu m$ 、そこから最も離れた位置で最大の $1.0\mu m$ とすることで、全体が $1.0\mu m$ 離れた平行電極の場合よりも小さな電圧でミラーを駆動することができた。また、ミラー基板裏面に溝が形成されていない場合よりも高い周波数まで変位の低下が見られなかった。さらに、ねじり梁に平行方向に溝が形成されている場合よりもミラーの動作が安定しており、光軸のぶれが小さかった。

<0010><第4実施形態の製造方法>本発明の光走査装置の他の製造方法を図5を用いて説明する。本製造方法は、前記した第1実施形態の製造方法と、ミラー一面を形成するミラー基板の裏面に溝を形成する以外は、前記と同様にして光走査装置を形成する。すなわち、両面に厚さ $1.5\mu m$ のSiO<sub>2</sub>膜501が形成されている厚さ $200\mu m$ の両面研磨されたシリコン基板502を、厚さ $200\mu m$ の両面研磨されたシリコン基板503に直接接合する（図5(a)参照）。このときシリコン基板503はシリコン基板502の外周から約 $1mm$ だけはみ出るようになつた。このはみ出し部は、後のガラス電極基板との陽極接合の際に電極プローブをたてるためのものである。次に、SiO<sub>2</sub>膜の形成されていないシリコン基板503を厚さ $80\mu m$ までCMP（Chemical Mechanical Polishing）で高精度に研磨し、研磨面にレジストをマスクとしてドライエッティングにより深さ $0.5\mu m$ の溝を形成した（図5(b)参照）。このときの厚さがミラー基板の厚さとなる。次に、シリコン基板502上のSiO<sub>2</sub>膜501をレジストマスクでふっ酸でエッティングすることにより、フレーム形状にパターニングした（図5(c)参照）。次に、シリコン基板502をSiO<sub>2</sub>マスクで接合界面のSiO<sub>2</sub>が現れるまでKOH水溶液で異方性エッティングした（図5(d)参照）。このとき、シリコン基板の端面と裏面はエッティング液に触れないように耐アルカリ性のワックスで保護しておいた。なお、ここでは異方性エッティング液としてKOH溶液を用いたが、シリコンとSiO<sub>2</sub>のエッティング選択性が十分大きい他の異方性エッティング液、たとえばTMAH、ヒドラジン等を使用してもよい。また、ここではSiO<sub>2</sub>を異方性エッティング時のマスク材料として使用しているが、シリコンのエッティング液にエッティングされない他の薄膜材料、たとえばSiN膜、SiN/SiO<sub>2</sub>二層膜等を使用してもよい。次に、エッティングマスクとして使用したSiO<sub>2</sub>膜をフッ酸でエッティング除去した（図5(e)参照）。このようにして形成されたシリコン平坦面にレーザーの反射材料としてAlをマスクスパッタ法で形成した（図5(f)参照）。なお、ここでは金

属薄膜としてA1をスパッタ法により成膜したが、使用するレーザー光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならばAu等の他の材料も選択可能であり、成膜法もスパッタ法に限らず真空蒸着法等も利用できる。次に、レジストをマスクとしてドライエッチングでシリコン平坦面を貫通することにより、染とミラー基板を形成した(図5(g)参照)。

【0011】次に電極基板の製造方法を説明する。まず、厚さ1mm のほう珪酸ガラス基板505 上に厚さ1.5μmのレジスト506 を塗布した(図5(h)参照)。次に、開口率に分布をもたせたフォトマスクを使用することにより、レジストの露光深さに分布をもたせた。このとき電極形状が傾斜するよう分布形状を設計した。このレジストを現像することで、電極形状を反映したレジスト形状を形成した(図5(i)参照)。このレジストをマスクとしてガラス基板504 をドライエッチングすることで、レジストとガラスのエッチング選択比に応じて、レジスト形状がガラス基板に転写された(図5(j)参照)。レジストを除去したあと、電極としてAu/Tiの2層膜507 をマスクスパッタ法で形成した(図5(k)参照)。このようにして作製したミラー基板と電極基板を陽極接合により接合した(図5(l)参照)。陽極接合はガラス基板とシリコン基板を400～500℃に加熱しながら数百Vの電圧を両基板間に印加することで直接接合する方法である。本方法は接着剤等の介在物なしに両基板を接合できるため、光走査装置組み立て後の微小な電極間距離を正確に規定することができる。なお前記した本発明の実施形態中の数値およびCMPに使用されたTMAHなどの異方性研磨のための薬品等は単なる例示であり、本発明の趣旨を変更しない範囲で適宜変更して使用される。

[0012]

【発明の効果】本発明の請求項1の、同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラーを、ミラーに対向する位置に設けた電極との間の静電引力で、2本の梁をねじり回転軸として往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラー基板のミラー一面と平行でない傾斜面を設け、該傾斜面上および／または前記ミラー基板のミラー一面と反対の面の少なくとも一部に凹型形状(溝)が形成されている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているので、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げるができるばかりでなく、対向電極とミラーの距離が小さくなっても、電極に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができる。本発明の請求項2の、請求項1に記載の光走査装置において、凹型形状が対向電極の傾斜方向に沿って形成されている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているので、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げるができるばかりでなく、対向電極とミラー

一の距離が小さくなっても、電極に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができ、さらに振動時のギャップにおける空気の流れに乱れが少ないためより効果的に変位の低下を防止することができ、ミラーの動作を安定させ、光軸のぶれを小さくすることができる。本発明の請求項3の、同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラーを、ミラーに対向する位置に設けた電極との間の静電引力で、2本の梁をねじり回転軸として往復振動させる光走査装置において、対向電極がミラーと平行でない傾斜面であって、ミラー裏面に凹型形状（溝）が形成されている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているので、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げるができるばかりでなく、対向電極とミラーの距離が小さくなっても、ミラー裏面に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができ、さらにミラーの剛性を維持したままその質量を小さくすることができるので、ミラーを高速動作できるようになる。

【0013】本発明の請求項4の、請求項3に記載の光走査装置において、凹型形状が対向電極の傾斜方向に沿って形成されている光走査装置では、光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているので、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げるができるばかりでなく、対向電極とミラーの距離が小さくなってしまっても、電極に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができ、さらに振動時のギャップにおける空気の流れに乱れが少ないためより効果的に変位の低下を防止することができ、ミラーの動作を安定させ、光軸のぶれを小さくすることができる。さらにミラーの剛性を維持したままその質量を小さくすることができますので、ミラーを高速動作できるようになる。本発明の請求項5の、請求項1、2、3、4に記載の光走査装置において、対向電極の傾斜角とねじり振動するミラー部の振れ角が等しくなっている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらない範囲で、対向電極とミラーの距離が最も小さくなっているので、光走査角を維持したまま駆動電圧を最も小さい電圧まで下げることができ。本発明に係る光走査装置は、ミラー基板のミラー面と反対面および／またはミラー基板と対向する対向電極の傾斜面上に、溝を前記したように、傾斜面と平行にあるいは傾斜面に沿って形成するため、前記したような効果を得ることができる。なおミラー基板のミラー面と反対面に溝を形成する場合には、対向電極の傾斜面上に沿って形成したり、あるいは対向電極の傾斜面上に略平行に溝を設けることができ、また、それ以外の方向に設けることもできる。このような本発明に係る光走査装置は、デジタル複写機、及びレーザプリンタ等の書込系に用いら

れる光走査装置、あるいは、バーコードリーダー等の読み取り装置に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光走査装置の第1実施形態を示す図である。

【図2】本発明に係る光走査装置の第1実施形態の製造方法を示す図である。

【図3】本発明に係る光走査装置の第2実施形態を示す図である。

【図4】本発明に係る光走査装置の第3実施形態を示す図である。

【図5】本発明に係る光走査装置の第4実施形態を示す図である。

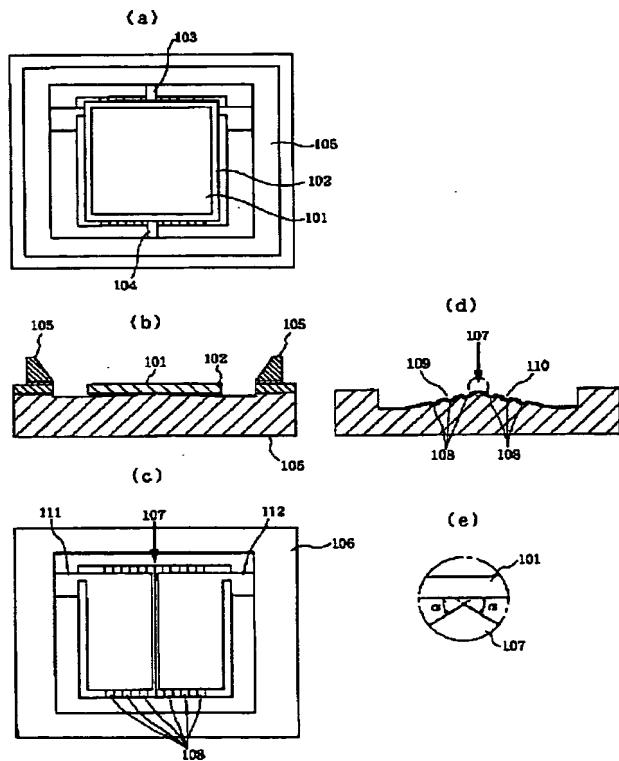
【図6】本発明に係る光走査装置の第4実施形態の製造方法を示す図である。

【符号の説明】

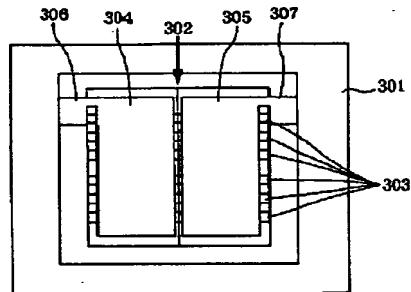
101、401、601 ミラー

- 102、402、602 ミラー基板
- 103、104 ねじり梁
- 105、403、603 フレーム
- 106、301、405、605 電極基板
- 107、302、406、606 電極基板の尾根の頂上
- 108、303、404、604 溝
- 109、110、304、305、407、408、607、608 駆動電極
- 111、112、306、307、409、410、609、610 電極パッド
- 201、501 エッチングマスク ( $\text{SiO}_2$ )
- 202、203、502、503 半導体基板
- 204、504
- 205、505 ガラス基板
- 206、506 レジスト
- 207、507 電極層膜

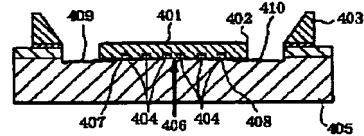
【図1】



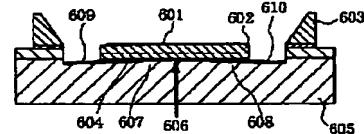
【図3】



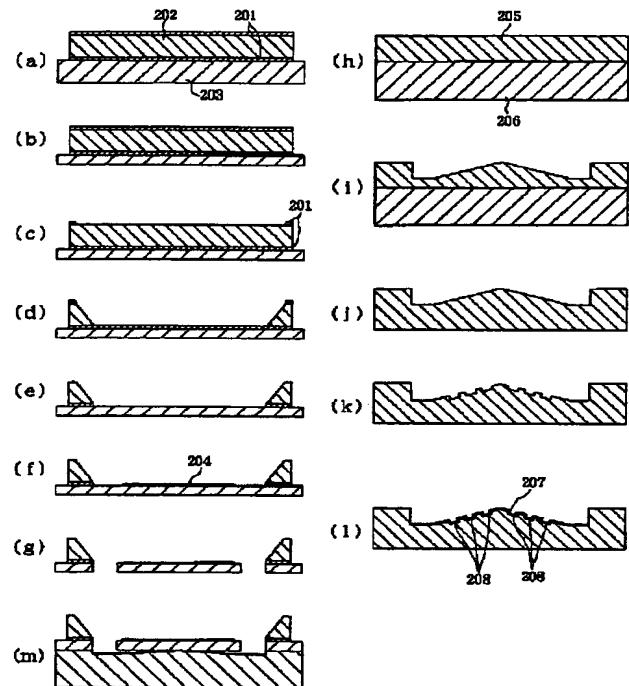
【図4】



【図6】



【図2】



【図5】

